

**ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

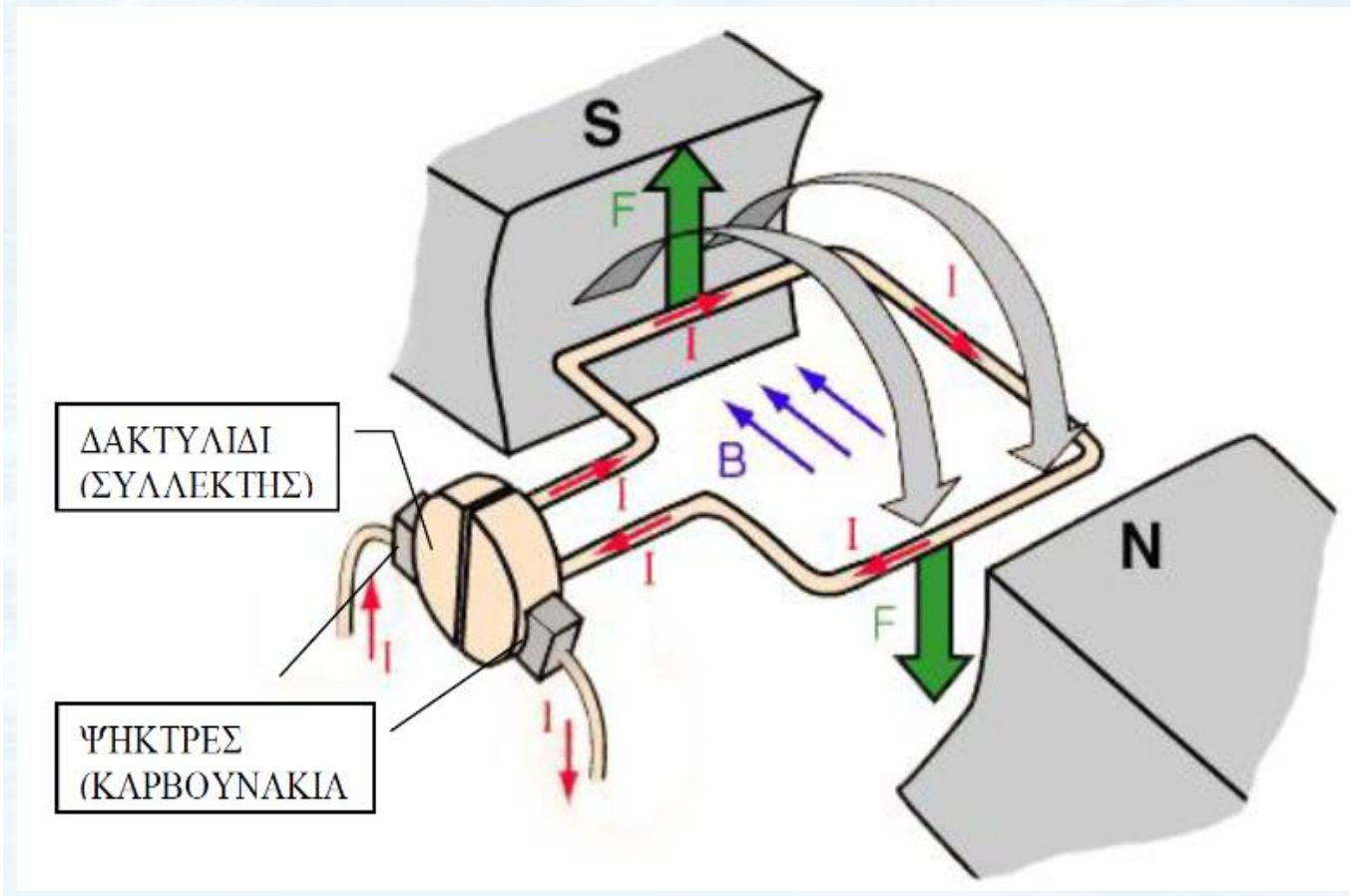
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

**« ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ »  
5<sup>ο</sup> ΕΞΑΜΗΝΟ**

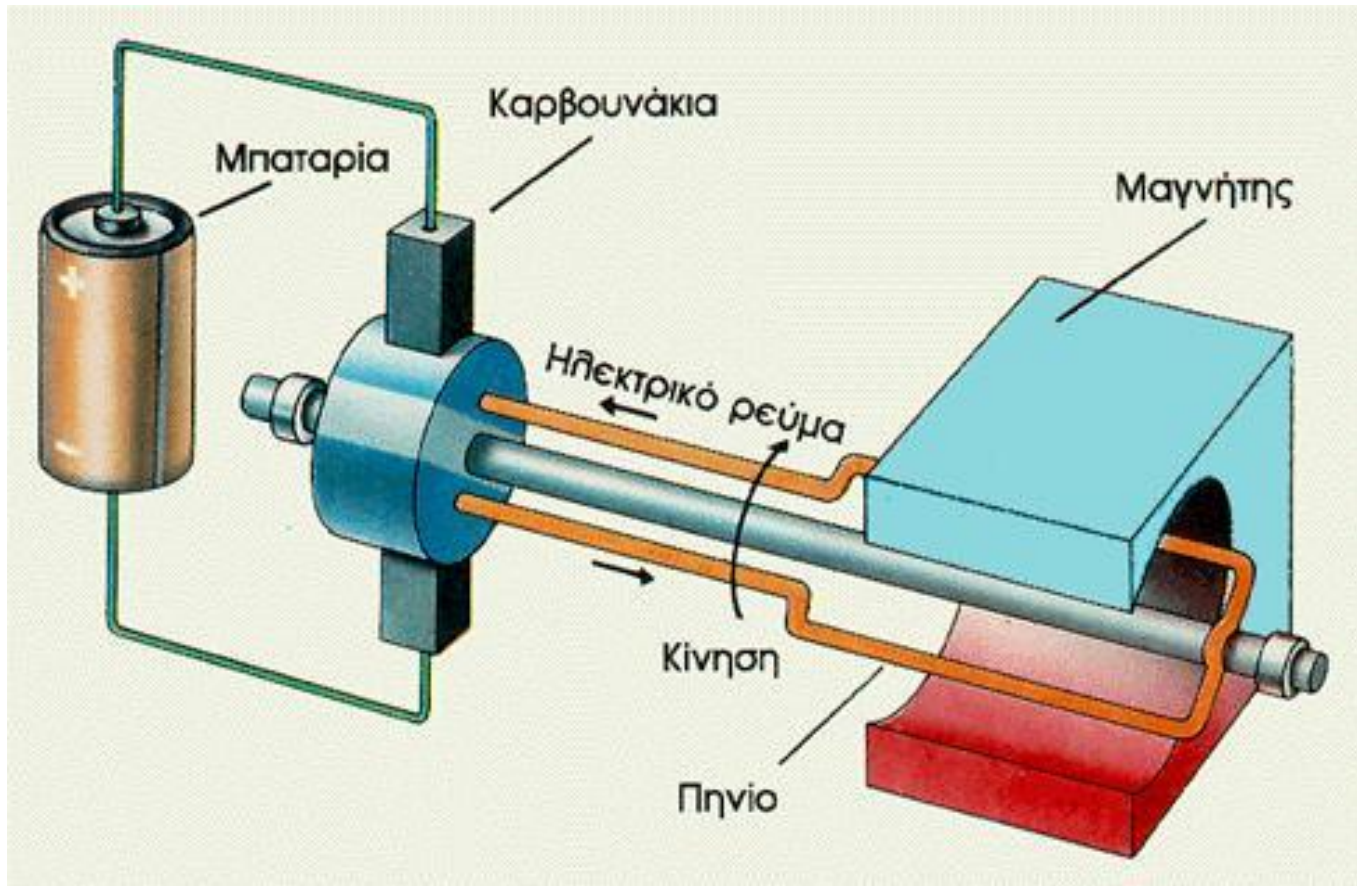
**3<sup>η</sup> ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ**

**ΔΙΔΑΣΚΩΝ  
ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗΣ Σ. ΘΕΟΚΛΗΤΟΣ**  
Επίκουρος Καθηγητής Δ.Π.Θ.

# ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ DC ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ



# ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ DC



$$e_{ind} = (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \cdot \mathbf{l}$$

$$e_{ind} = \begin{cases} 2 v B l & \text{κάτω από τους πόλους} \\ 0 & \text{έξω από τους πόλους} \end{cases}$$

$$v = r \omega$$

$$e_{ind} = \begin{cases} 2 r l B \omega & \text{κάτω από τους πόλους} \\ 0 & \text{έξω από τους πόλους} \end{cases}$$

Εμβαδόν πόλου  $A_p = \pi r l$

Μαγνητική ροή  $\Phi = A_p B$

$$e_{ind} = \begin{cases} \frac{2}{\pi} A_p B \omega & \text{κάτω από τους πόλους} \\ 0 & \text{έξω από τους πόλους} \end{cases}$$

$$e_{ind} = \begin{cases} \frac{2}{\pi} \Phi \omega & \text{κάτω από τους πόλους} \\ 0 & \text{έξω από τους πόλους} \end{cases}$$

$$\mathbf{F} = i (\mathbf{l} \times \mathbf{B})$$

Ροπή  $\tau = r F \sin\theta$

$$\tau_{ind} = \begin{cases} 2 r i B l & \text{κάτω από τους πόλους} \\ 0 & \text{έξω από τους πόλους} \end{cases}$$

Εμβαδόν πόλου  $A_p = \pi r l$

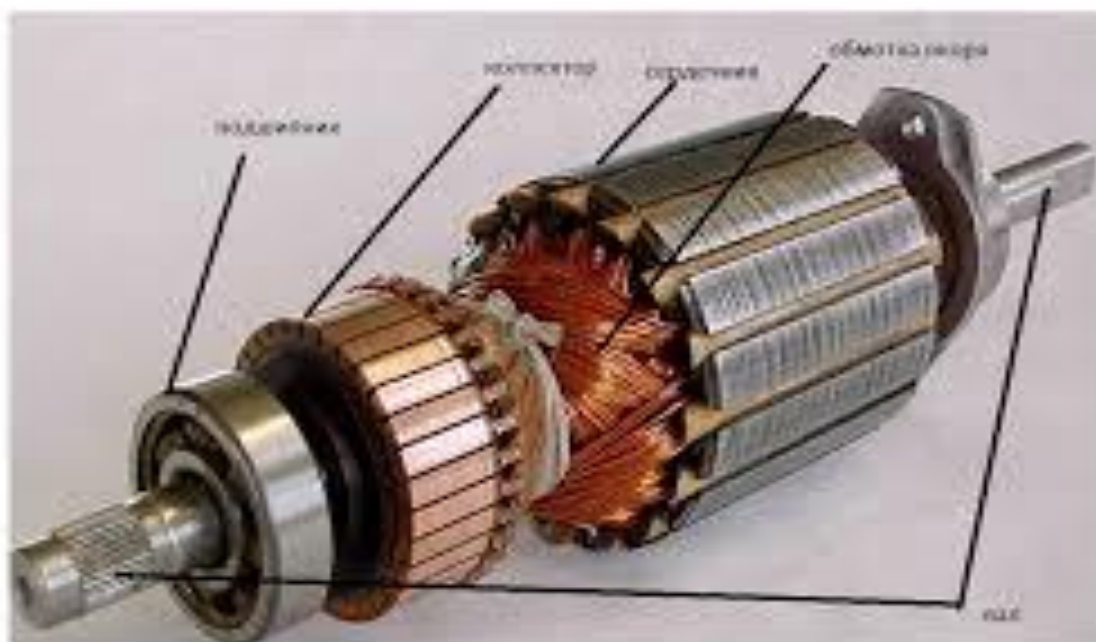
Μαγνητική ροή  $\Phi = A_p B$

$$\tau_{ind} = \begin{cases} \frac{2}{\pi} A_p B i & \text{κάτω από τους πόλους} \\ 0 & \text{έξω από τους πόλους} \end{cases}$$

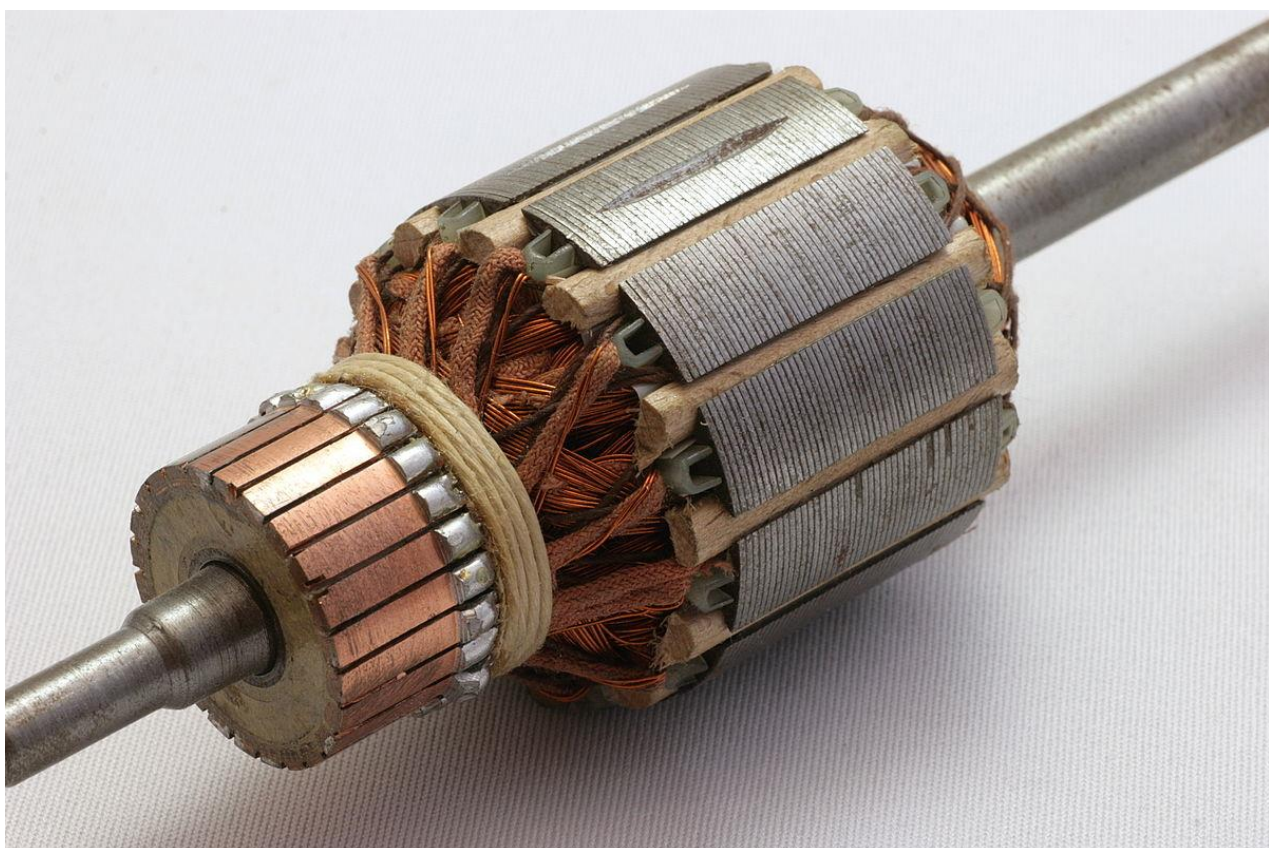
$$\tau_{ind} = \begin{cases} \frac{2}{\pi} \Phi i & \text{κάτω από τους πόλους} \\ 0 & \text{έξω από τους πόλους} \end{cases}$$



# ΔΡΟΜΕΑΣ DC



# ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ ΔΡΟΜΕΑ



## ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ D.C.

### ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

$$E_A = K \Phi \omega_m = K' \Phi n$$

$$\text{όπου } \omega_m = \frac{2\pi n}{60} \quad \text{ή} \quad \omega_{ηλ} = \frac{P}{2} \omega_m$$

- Η τάση  $E_A$  της μηχανής εξαρτάται από
- τη μαγνητική ροή του πεδίου στο εσωτερικό της  $\Phi$
  - την ταχύτητα περιστροφής  $\omega_m$  του δρομέα
  - μια σταθερά  $K$  που εξαρτάται από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της μηχανής.

### ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

$$\tau_{\text{ind}} = K \Phi I_A$$

- Η ροπή  $\tau_{\text{ind}}$  της μηχανής εξαρτάται από
- τη μαγνητική ροή του πεδίου στο εσωτερικό της  $\Phi$
  - το ρεύμα οπλισμού  $I_A$  της μηχανής
  - μια σταθερά  $K$  που εξαρτάται από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της μηχανής.

$$\text{όπου } K = \frac{ZP}{2\pi\alpha} \quad \text{ή} \quad K' = \frac{ZP}{60\alpha} \quad \text{και} \quad Z = 2 C N_c$$

$Z$  = ο συνολικός αριθμός αγωγών τυλίγματος

$P$  = ο αριθμός των πόλων της μηχανής

$\alpha$  = ο αριθμός των παράλληλων διαδρομών

$C$  = ο αριθμός των συστάδων του δρομέα

$N_c$  = ο αριθμός των πλαισίων σε μια συστάδα

## ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

### 1. Απώλειες χαλκού

απώλειες τυλίγματος οπλισμού

$$P_A = I_A^2 R_A$$

απώλειες τυλίγματος πεδίου (διέγερση)

$$P_F = I_F^2 R_F$$

### 2. Απώλειες ψηκτρών

απώλειες που οφείλονται στην πτώση τάσης

επάνω στις ψήκτρες

$$P_{BD} = V_{BD} I_A$$

### 3. Απώλειες πυρήνα

απώλειες υστέρησης

$$\sim B^2$$

απώλειες δινορρευμάτων

### 4. Μηχανικές Απώλειες

απώλειες τριβών (ρουλεμάν)

απώλειες ανεμισμού

$$\sim \omega^3$$

### 5. Κατανεμημένες Απώλειες

θεωρούνται περίπου 1% της ισχύος εξόδου σε πλήρες φορτίο.

Η ισχύς (ηλεκτρική ή μηχανική) που μετατρέπεται στο διάκενο αέρα της μηχανής δίνεται ως:

$$P_{\text{conv}} = \tau_{\text{ind}} \omega_m = E_A I_A$$

Συντελεστής απόδοσης

$$n = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\%$$

ή

$$n = \frac{P_{\text{in}} - P_{\text{loss}}}{P_{\text{in}}} \times 100\%$$



# ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΕΙ Η ΜΕΤΑΓΩΓΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

## 1. Αντίδραση οπλισμού

Η παραμόρφωση της μαγνητικής ροής κατά την αύξηση του φορτίου της μηχανής ονομάζεται *αντίδραση οπλισμού*.

Η αντίδραση οπλισμού προκαλεί

- α) μετακίνηση της ουδέτερης ζώνης της μηχανής
- β) εξασθένηση της μαγνητικής ροής.

## 2. Υπερτάσεις

Οφείλονται στην αυτεπαγωγή του αγωγού  $L (di/dt)$  και ονομάζονται *επαγωγικές κρουστικές τάσεις*.

# ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΕΜΦΑΝΙΖΟΝΤΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΤΑΓΩΓΗ

1. Μετακίνηση των ψηκτρών
2. Εισαγωγή βοηθητικών ή εσωτερικών πόλων
3. Εισαγωγή τυλιγμάτων αντιστάθμισης.

## ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ( Σ.Ρ. )

1. Ανεξάρτητης διέγερσης
2. Παράλληλης διέγερσης
3. Διέγερσης σειράς
4. Με αθροιστική σύνθετη διέγερση
5. Με διαφορική σύνθετη διέγερση
6. Με μόνιμο μαγνήτη

### ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΦΟΡΤΙΟΥ

Χαρακτηριστική φορτίου μιας συσκευής ονομάζεται η γραφική παράσταση των ποσοτήτων εξόδου της συσκευής.

Οι ποσότητες εξόδου μιας γεννήτριας Σ.Ρ. είναι η τάση στα άκρα της  $V_T$  και το ρεύμα φορτίου  $I_L$ .

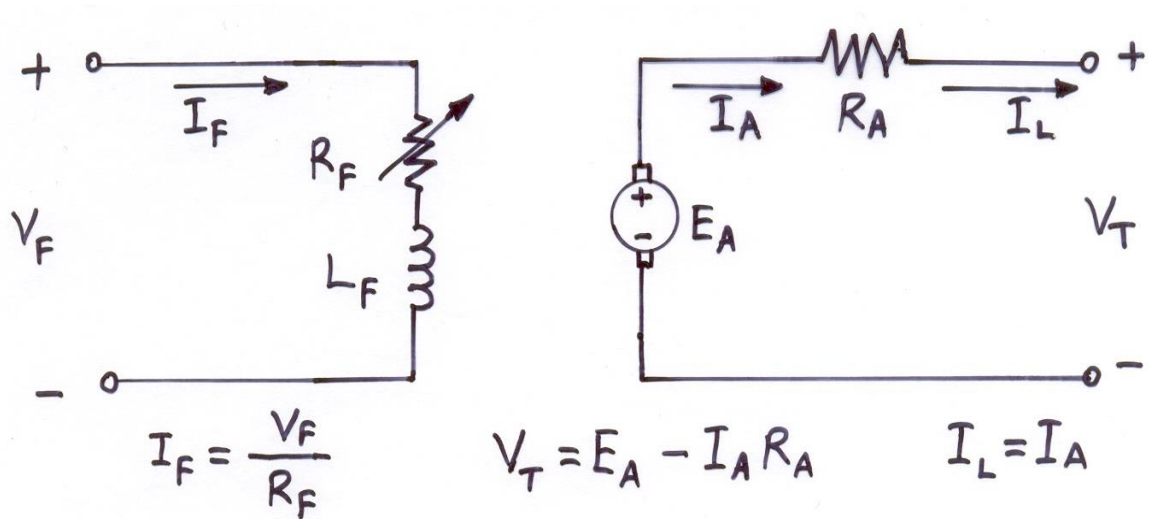
Χαρακτηριστική φορτίου (  $V_T - I_L$  ).

Οι ποσότητες εξόδου ενός κινητήρα Σ.Ρ. είναι η ροπή στον άξονά του  $\tau_{ind}$  και η ταχύτητα περιστροφής του  $\omega_m$ .

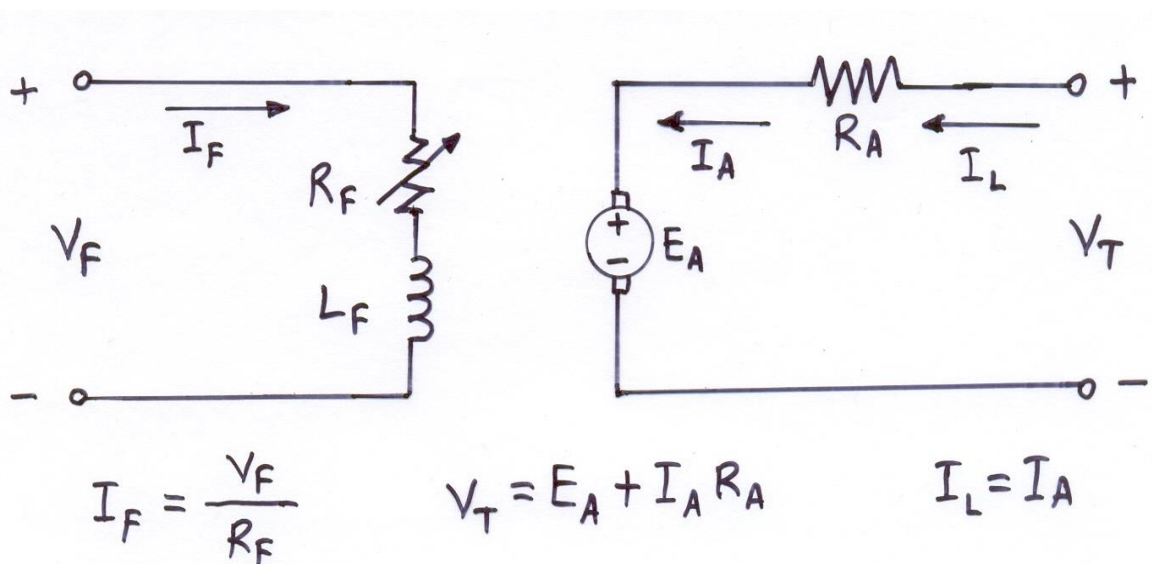
Χαρακτηριστική ροπής – ταχύτητας. (  $\tau_{ind} - \omega_m$  )

## ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

α) Γεννήτριας Σ.Ρ. με ανεξάρτητη διέγερση

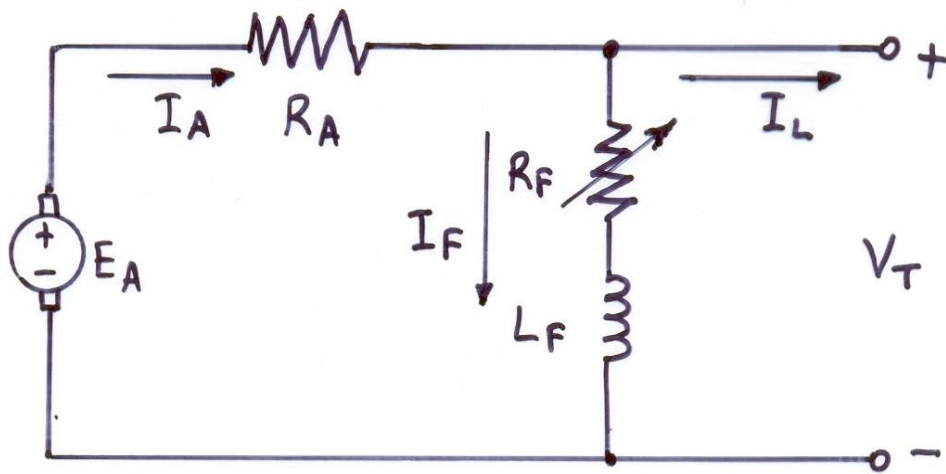


β) Κινητήρα Σ.Ρ. με ανεξάρτητη διέγερση



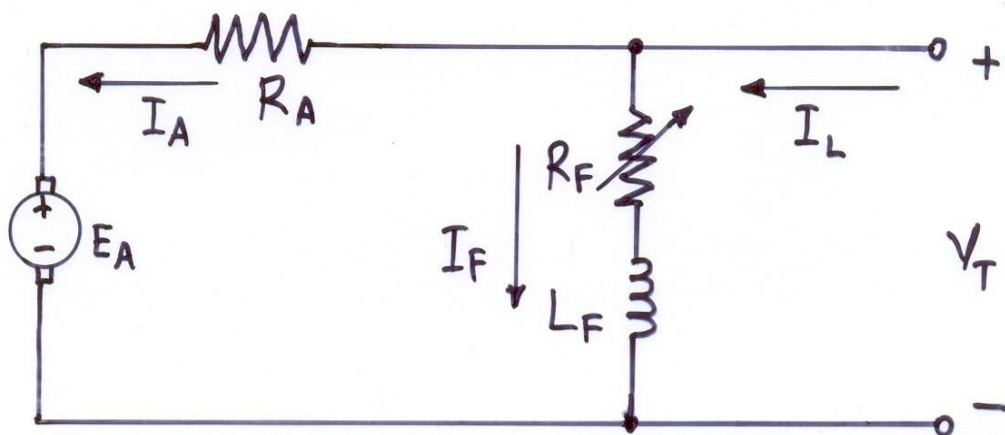
## ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

α) Γεννήτριας Σ.Ρ. με παράλληλη διέγερση



$$I_F = \frac{V_T}{R_F} \quad V_T = E_A - I_A R_A \quad I_A = I_F + I_L$$

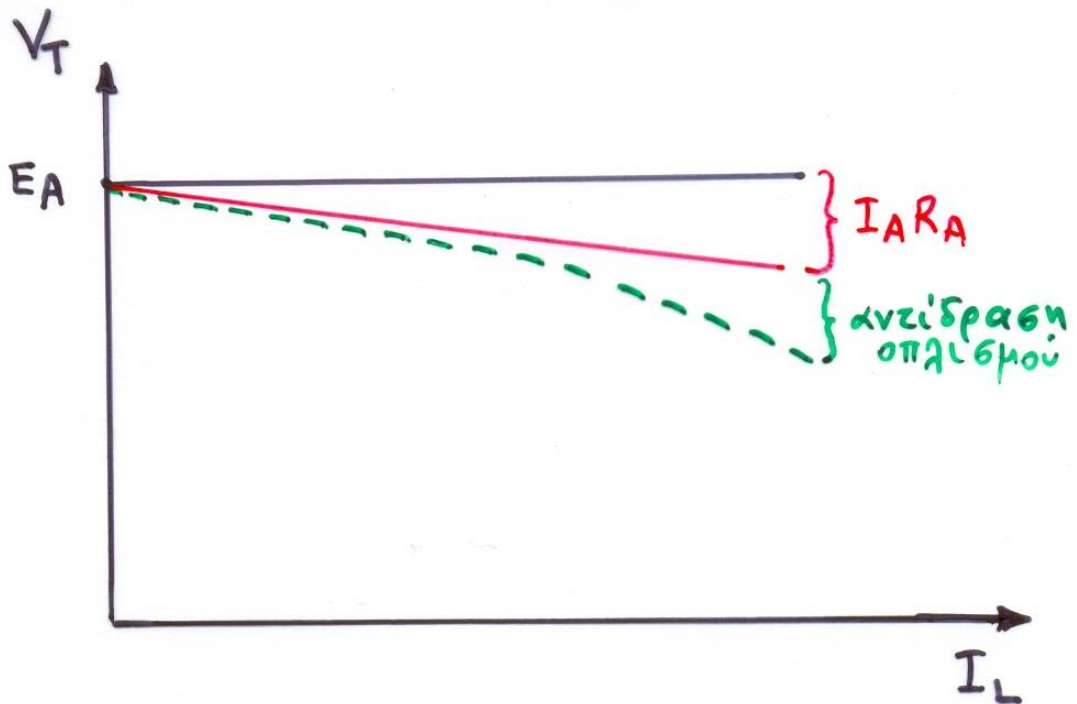
β) Κινητήρα Σ.Ρ. με παράλληλη διέγερση



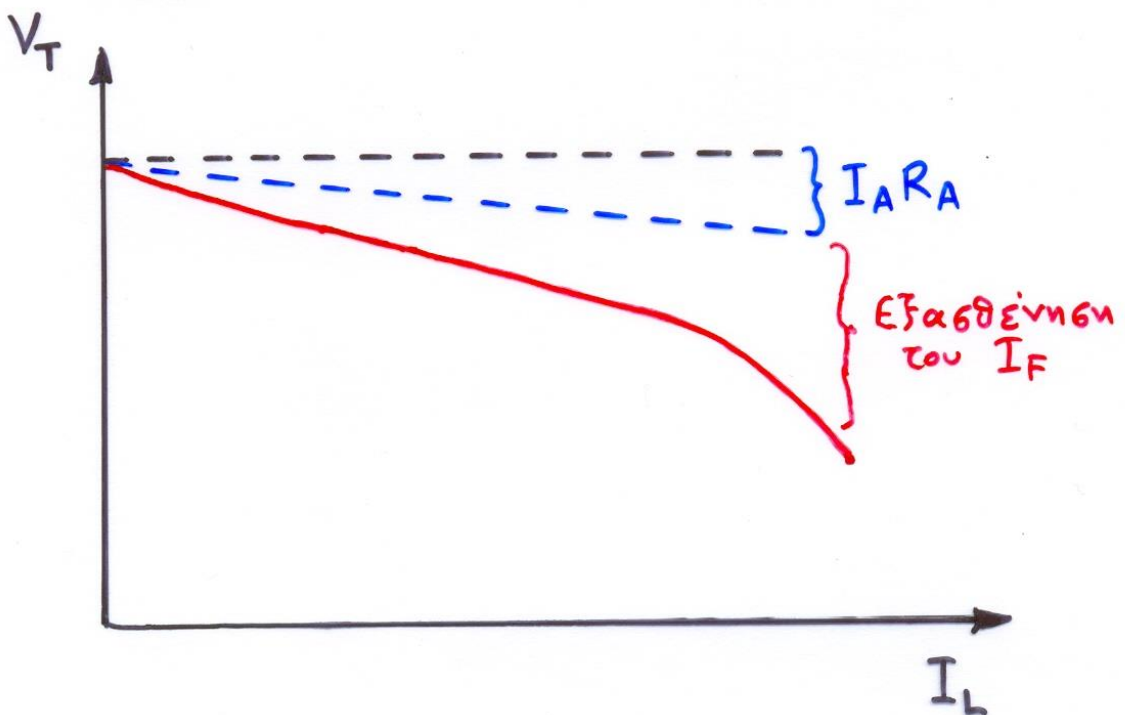
$$I_F = \frac{V_T}{R_F} \quad V_T = E_A + I_A R_A \quad I_L = I_A + I_F$$

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΦΟΡΤΙΟΥ

α) Γεννήτριας Σ.Ρ. με ανεξάρτητη διέγερση



β) Γεννήτριας Σ.Ρ. με παράλληλη διέγερση



## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΡΟΠΗΣ – ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

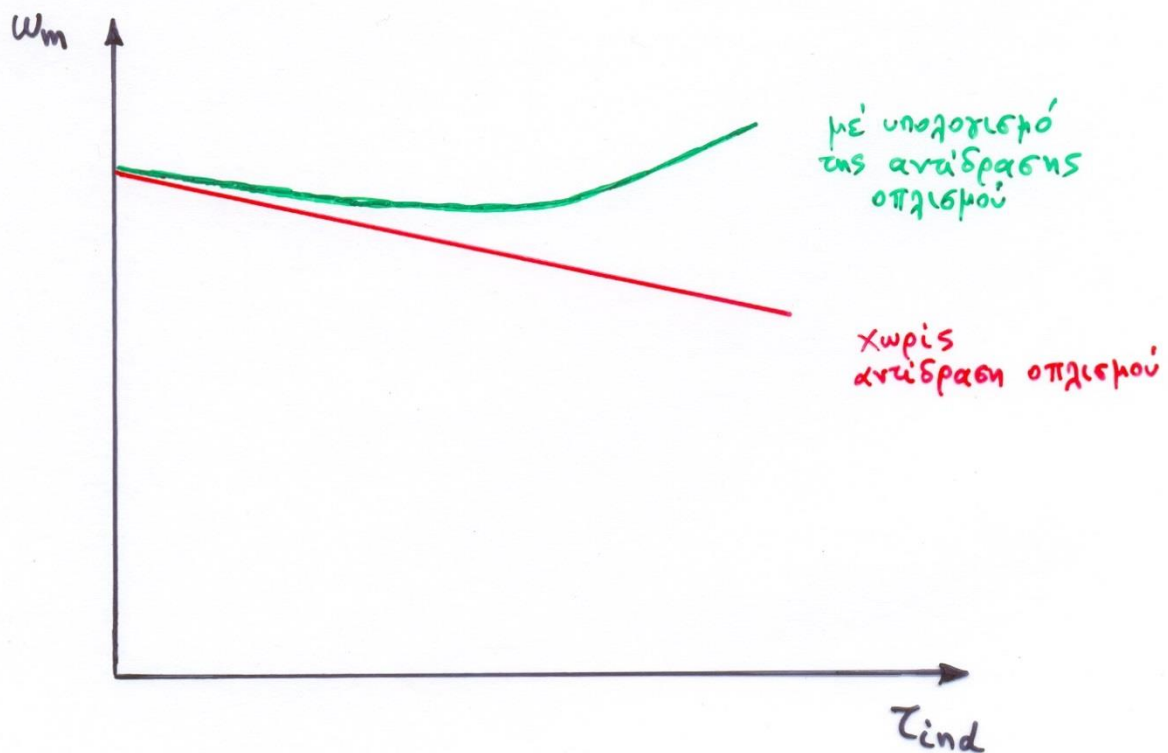
Κινητήρα Σ.Ρ. με ανεξάρτητη διέγερση ή με παράλληλη διέγερση ή με μόνιμο μαγνήτη.

$$V_T = E_A + I_A R_A$$

$$E_A = K \Phi \omega_m \quad \tau_{ind} = K \Phi I_A$$

$$V_T = K \Phi \omega_m + (\tau_{ind} / K \Phi) R_A$$

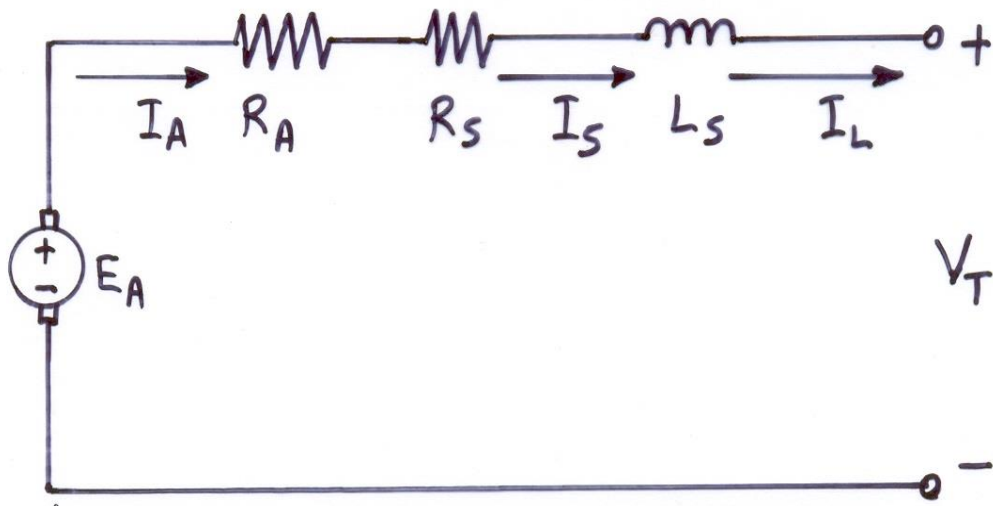
$$\omega_m = \frac{V_T}{K \Phi} - \frac{R_A}{(K \Phi)^2} \tau_{ind}$$





## ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

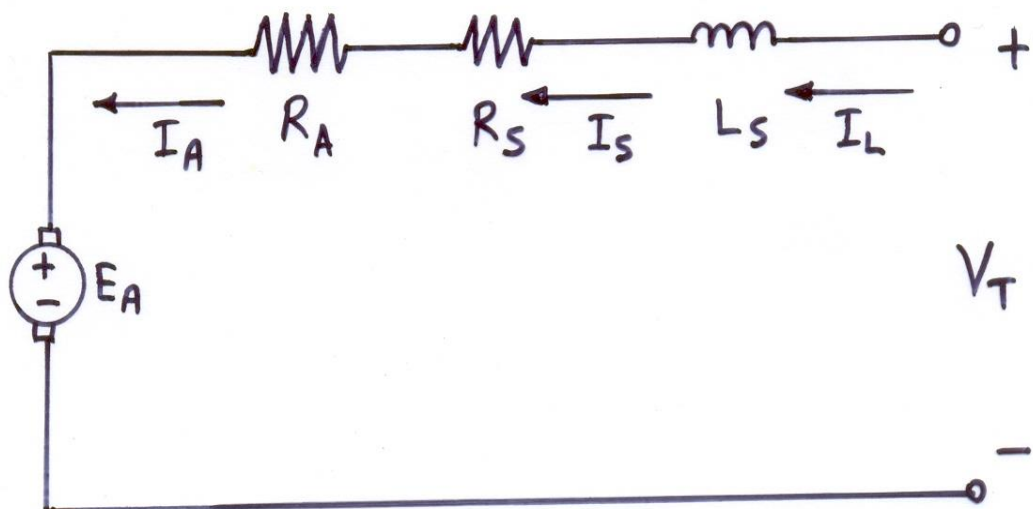
α) Γεννήτριας Σ.Ρ. με διέγερση σειράς



$$I_A = I_S = I_L$$

$$V_T = E_A - I_A (R_A + R_S)$$

β) Κινητήρα Σ.Ρ. με διέγερση σειράς

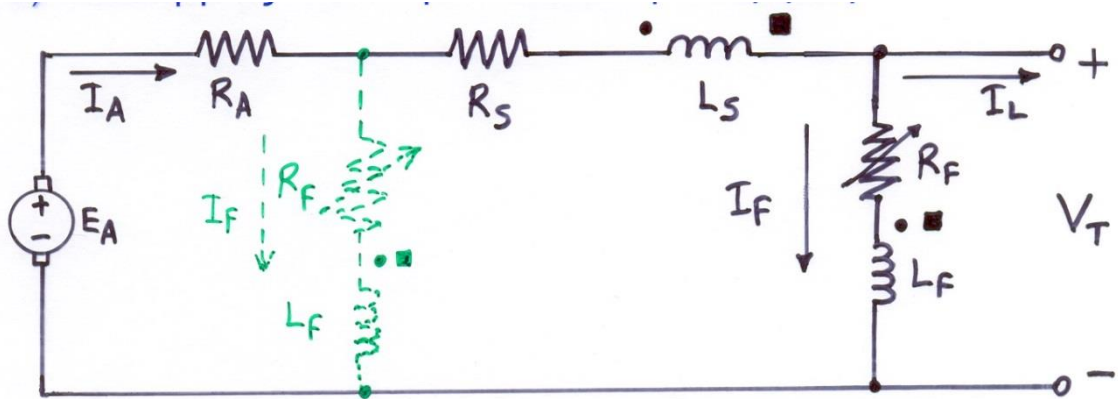


$$I_A = I_S = I_L$$

$$V_T = E_A + I_A (R_A + R_S)$$

## ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

α) Γεννήτριας Σ.Ρ. με σύνθετη διέγερση



$$I_A = I_L + I_F$$

$$V_T = E_A - I_A (R_A + R_S)$$

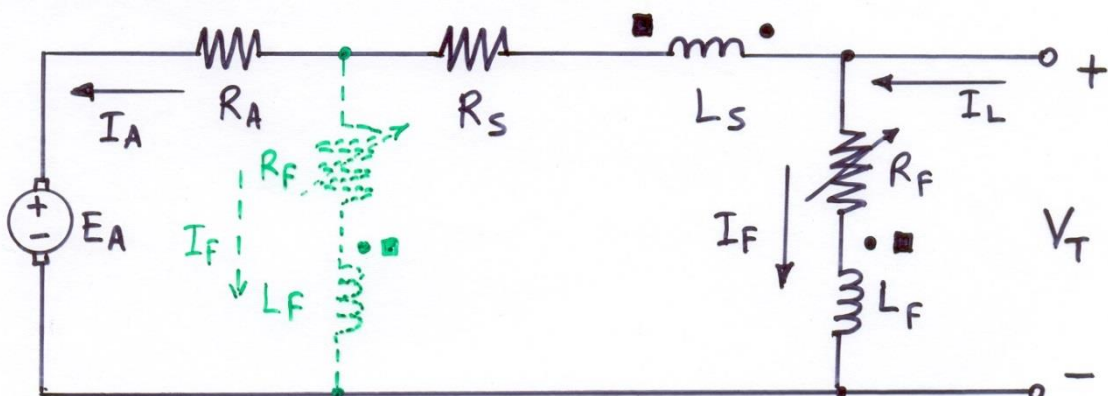
$$I_F = \frac{V_T}{R_F}$$

και

$$F_{net} = N_F I_F \pm N_{SE} I_A - F_{AR}$$

- αδρυστική σύνθ. διέγ.
- διαφορική σύνθ. διέγ.

β) Κινητήρα Σ.Ρ. με σύνθετη διέγερση



$$I_A = I_L - I_F$$

$$V_T = E_A + I_A (R_A + R_S)$$

$$I_F = \frac{V_T}{R_F}$$

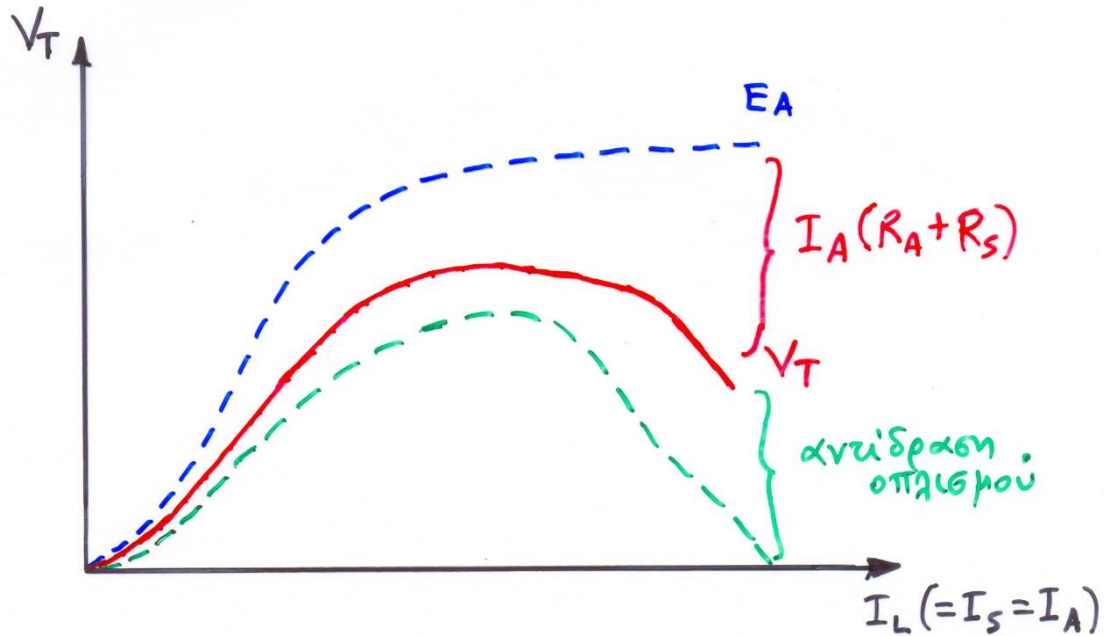
και

$$F_{net} = N_F I_F \pm N_{SE} I_A - F_{AR}$$

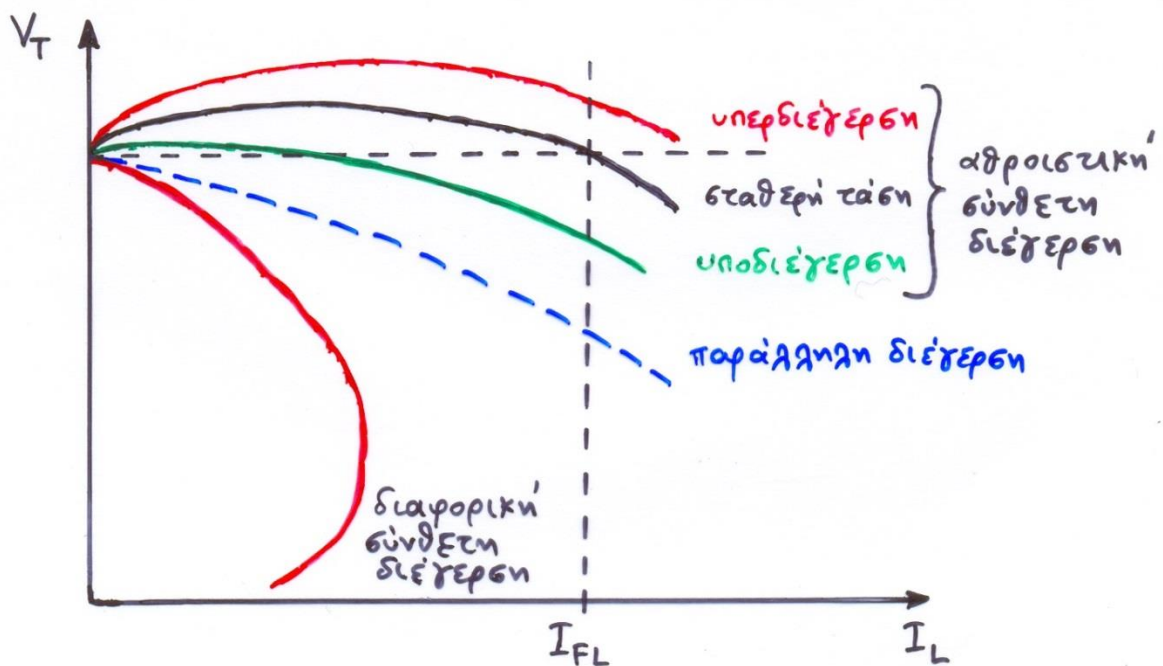
- αδρυστική σύνθ. διέγ.
- διαφορική σύνθ. διέγ.

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΦΟΡΤΙΟΥ

α) Γεννήτριας Σ.Ρ. με διέγερση σειράς

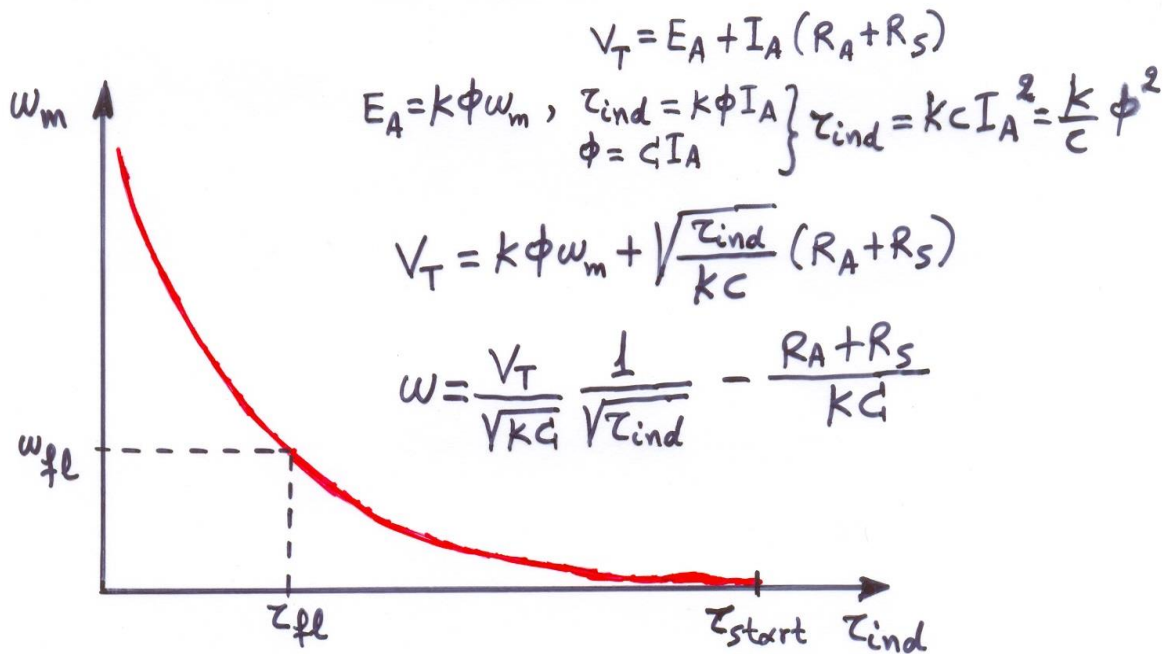


β) Γεννήτριας Σ.Ρ. με σύνθετη διέγερση

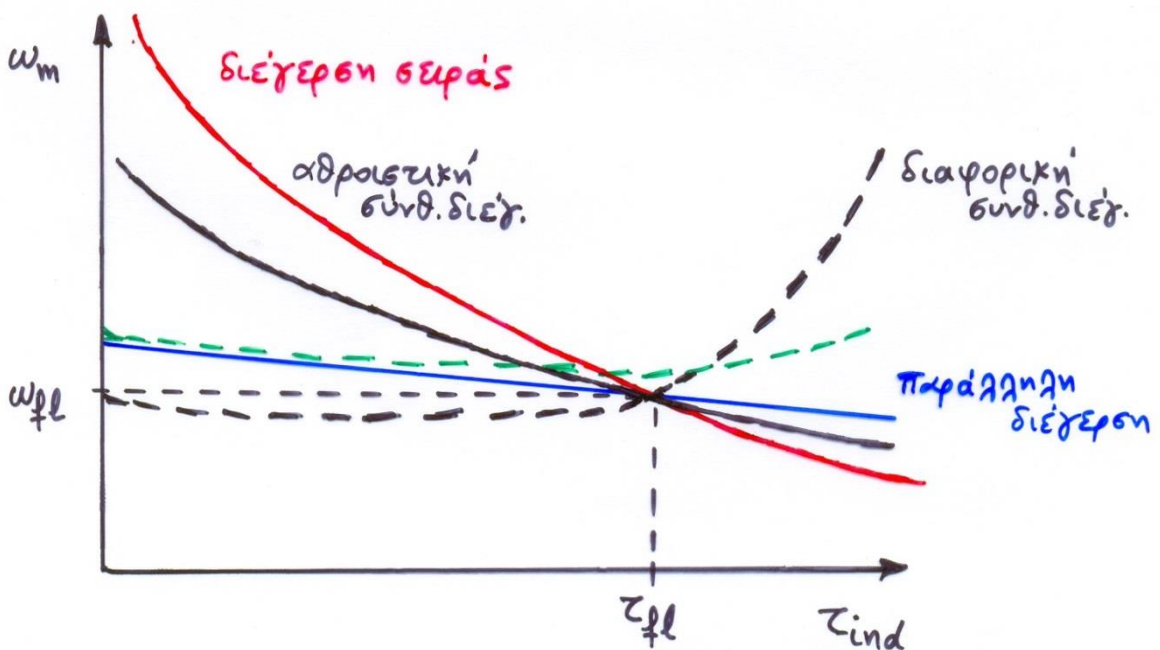


## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΡΟΠΗΣ – ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

α) Κινητήρα Σ.Ρ. με διέγερση σειράς



β) Κινητήρα Σ.Ρ. με σύνθετη διέγερση



## ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΤΑ ΑΚΡΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ Σ. Ρ.

$$E_A = K \Phi \omega$$

$$V_T = E_A - I_A R_A$$

1. Με μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής  $\omega_m$ .
2. Με μεταβολή της αντίστασης διέγερσης  $R_f$  της γεννήτριας ή αλλιώς με έλεγχο του ρεύματος διέγερσης  $I_f$ , που προκαλεί μεταβολή της μαγνητικής ροής  $\Phi$ .

## ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΣΤΟΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ Σ. Ρ.

$$\tau_{ind} = K \Phi I_A$$

$$I_A = (V_T - E_A) / R_A$$

1. Με μεταβολή της αντίστασης διέγερσης  $R_f$  του κινητήρα δηλαδή με μεταβολή της μαγνητικής ροής  $\Phi$ .
2. Με μεταβολή της τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα του οπλισμού του κινητήρα  $V_A$ .
3. Με σύνδεση μιας αντίστασης σε σειρά με το κύκλωμα οπλισμού  $R_A'$

Η επιλογή ενός κινητήρα ή αντίστοιχα μιας γεννήτριας συνεχούς ρεύματος πρέπει να βασίζεται σε ορισμένους παράγοντες για να εξασφαλίζεται η αξιοπιστία και η οικονομική λειτουργία τους.

Οι κυριότεροι παράγοντες για την επιλογή ενός κινητήρα ή μιας γεννήτριας Σ.Ρ. είναι :

- Η χαρακτηριστική καμπύλη ταχύτητας – ροπής του κινητήρα και του φορτίου του ή αντίστοιχα η χαρακτηριστική καμπύλη φορτίου της γεννήτριας.
- Οι ταχύτητες λειτουργίας του κινητήρα και ο τρόπος ρύθμισης της ταχύτητάς του ή αντίστοιχα ο τρόπος ρύθμισης της τάσης εξόδου της γεννήτριας.
- Οι ειδικές απαιτήσεις του συστήματος.
- Οι πηγές τροφοδοσίας και διέγερσης της μηχανής.
- Ο απαραίτητος εξοπλισμός προστασίας.
- Ο χώρος τοποθέτησης της μηχανής.
- Ο βαθμός αξιοπιστίας και απόδοσης της μηχανής σε συνάρτηση με τις απαιτήσεις της για επισκευές και συντήρηση.